AUS DER ASTHMA-POLIKLINIK DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN
IM STÄDTISCHEN RUDOLF-VIRCHOW-KRANKENHAUS
DIREKTOR: PROFESSOR DR. MED. HERBERT HERXHEIMER

Der maximale Exspirationsstrom

The Peak Expiratory Flow

UNTERSUCHUNG DER LUNGENFUNKTION
BEI GESUNDEN

Inaugural – Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
ANTON KONRAD LEONARDS
aus
DOVEREN (Rhld.)

MUNKSGAARD
1965.

Dekan: Professor Dr. med. *Adalbert Loeschke*
Referent: Professor Dr. med. *Herbert Herxheimer*
Korreferent: Professor Dr. med. *Emil Sebastian Bücherl*

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin
Promoviert am: 19. Juli 1965

PRINTED IN DENMARK
VALD. PEDERSENS BOGTRYKKERI
COPENHAGEN

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung

Geschichte der maximalen Exspirationsstrommessung 5
Definition des maximalen Exspirationsstromes 5
Thematik der vorliegenden Arbeit 6

Methodik

Art und Zusammensetzung des Untersuchungsgutes 6
Methode der Messung des max. Exspirationsstromes 7

Ergebnisse

Die Abhängigkeit des max. Exspirationsstromes vom Alter 8
K-grösse und der max. Exspirationsstrom 13
Einfluss des K-gewichtes auf den max. Exspirationsstrom 18
Die Geschlechtsabhängigkeit des max. Exspirationsstromes 18
Sollwerte für den max. Exspirationsstrom 19

Diskussion

Vergleich der Altersgruppenmittel des max. Exspirationsstromes mit den Ergebnissen anderer Autoren 22
Ursachen der Streuung des max. Exspirationsstromes 31
Bemerkungen zur Regression des max. Exspirationsstromes zum Alter und zur K-grösse 32
Die mangelhafte Korrelation des max. Exspirationsstromes mit dem K-gewicht 33
Vergleich der max. Exspirationsstrom-Sollwerte mit den korrespondierenden anderer Autoren 33
Max. Exspirationsstrom-Sollwerte für Kinder nach Nairn u. a. . . . 34
Gegenüberstellung der max. Exspirationsstrom- und Pneumometernormen . 35
Ergebnisse von Hildebrandt und Hanke, die „VK-Zeit" des AS . . . 36
Berechnung der „VK-Zeit" für den max. Exspirationsstrom 37
Die Bedeutung der max. Exspirationsstrom-Sollwerte für die Praxis . . 39

Zusammenfassung 40

Literaturverzeichnis 41

Aus der Asthma-Poliklinik der Freien Universität Berlin
im Städtischen Rudolf-Virchow-Krankenhaus, Deutschland
Direktor: Professor Dr. med. Herbert Herxheimer.

DER MAXIMALE EXSPIRATIONSSTROM (THE PEAK EXPIRATORY FLOW)

Untersuchung der Lungenfunktion bei Gesunden

Von

ANTON KONRAD LEONARDS

Seit dem Jahre 1908 ist die Bestimmung des maximalen Exspirationsstromes, der Luftströmungsgeschwindigkeit oder des Atemvolumens in einer Zeiteinheit, bei forcierter Ausatmung (Atemstoss) als Test für die Atemleistung der Lunge bekannt. *Volhard* (33) erklärte damals, man könne die Abnahme des Exspirationsstromes bei forcierter Exspiration sehr einfach durch Palpation des Luftstromes beim Atemstoss feststellen; beim Normalen entstehe ein deutlich fühlbarer und kräftiger Windstoss, beim Emphysematiker fühle man kaum einen Hauch, nur ein warmes Lüftchen. Zur Registrierung des Exspirationsstromes konstruierte Volhard ein Anemometer.

In der Folgezeit wurden verschiedene Typen von Pneumometern (Exspirationsstrommessern) entwickelt und beschrieben *von Otto* 1937 (22), *Hadorn* 1942 (7), *Wyss* & *Roth* 1950 (37, 27), *Magnus* & *Schöndube* 1942 (17), *Hildebrandt* & *Hanke* 1956 (12).

1959 beschrieben *Wright* & *McKerrow* (35) ein Pneumometer, das auf anderen Prinzipien basiert als die bis zu diesem Zeitpunkt von den oben angeführten Autoren angewandten. Dieses „Wright Peak Flow Meter" (WPFM)[1] hat gegen-

---

[1] Herstellerfirma: Airmed. Ltd. Edinburgh Way, Harlow/Essex, England.

über den bekannten Pneumometern den Vorteil der Einfachheit, der leichten Tragbarkeit und des geringeren Widerstandes; Einzelheiten finden sich bei *Wright* & *McKerrow* (35).

Das Peak Flow Meter misst die „maximum (forced) expiratory flow rate" oder die „peak flow rate" (PFR) bzw. den „peak expiratory flow" (PEF), den maximalen Exspirationsstrom, in L/min.

Die PFR ist definiert als diejenige maximale Exspirationsströmungsgeschwindigkeit, die mindestens 10 Millisekunden lang bei einer forcierten Exspiration vorhanden ist (18). In der vorliegenden Arbeit wird mittels des WPFM die Abhängigkeit des max. Exspirationsstromes von K-gewicht, K-grösse, Alter und Geschlecht untersucht, die Norm an Hand zahlreicher Untersuchungsergebnisse von gesunden Männern und Frauen aufgestellt und mit den bisher vorliegenden Daten verglichen. Anlass zu dieser Untersuchung gab ein Zitat von *Herxheimer* (9). „Die Streuung der individuellen Werte des maximalen Exspirationsstromes ist zumindest so gross wie die der Vitalkapazität (VK) und hängt vielleicht von den gleichen Faktoren ab, nämlich von Alter, Geschlecht, K-grösse, Brustkorbweite, Training und Mitarbeit. Ein einzelnes Messergebnis erlaubt deshalb, bis jetzt wenigstens, die Diagnose einer Atemfunktionsstörung genauso wenig, wie dazu die VK ausreicht, es sei denn, sie ist extrem niedrig. Eine endgültige Aussage darüber muss abgewartet werden, bis Ergebnisse an einem grossen Untersuchungsgut vorliegen".

METHODIK

Die vorliegenden Messungen wurden an 1045 Personen im Alter von 15 bis 89 Jahren, davon 485 gesunde Frauen und 560 gesunde Männer, in der Zeit von September 1962 bis Januar 1963 durchgeführt. Als freiwillige Versuchspersonen stellten sich zur Verfügung Frauen aus dem Pflegepersonal des Berliner Rudolf-Virchow-Krankenhauses (RVK), Patientinnen der Universitätshautpoliklinik des RVK, bei denen keine Krankheiten des Herzens, des Kreislaufs und der Atmungsorgane vorlagen, eine Reihe von Studentinnen und ältere Frauen der Städtischen Altenheime „Sophie-Charlotte" und „Pulsstift", Männer aus ver-

schiedenen Berliner Brotfabriken, Feuerwehrleute, männliches Pflegepersonal des RVK, herz-, lungen- und kreislaufgesunde Patienten der Dermatologischen Universitäts Poliklinik, Studenten und ältere Männer aus den oben angeführten Altenheimen.

Jedem Probanden wurde der Zweck und der Sinn der Untersuchung erklärt. Nach einigen Versuchen, wenn der Proband die „Angst" vor dem Instrument verloren hatte und die Technik richtig beherrschte, wurde das Ergebnis reproduzierbar. Meist genügten hierzu drei bis vier in 30–60 Sekunden Abstand aufeinanderfolgende Atemstösse. Hierbei erwies sich einige Erfahrung des Untersuchers zur Beurteilung, ob ein verwertbarer, wirklich maximal erreichbarer Wert bei den Exspirationsversuchen erzielt wurde, als wertvoll. *Wright* (35) empfiehlt, nach einer Anzahl von Stössen drei aufeinanderfolgende Ergebnisse festzuhalten und den Durchschnitt zu werten. Dies sei nach statistischen Erwägungen befriedigender, als das höchste Ergebnis zu werten, obwohl letzteres vorzuziehen sei, da ja ein Maximum gemessen werde.

In der vorliegenden Arbeit wurde der maximale PEF von in der Regel drei bis fünf aufeinanderfolgenden Versuchen als individueller maximaler Exspirationsstrom angesehen, einmal um der Definition des PEF gerecht zu werden, zum anderen der Einfachheit halber. *Wright*'s Methode dürfte sich jedoch im Endergebnis nicht wesentlich von der hier angewandten Methode unterscheiden. Nach den eigenen Erfahrungen und den Angaben von *Shephard* (28) nämlich wächst bei in kurzen (½ Minuten) Abständen wiederholten PEF-Testen der maximale Exspirationsstrom während der ersten drei bis vier Stösse an und verharrt dann auf die Dauer von weiteren 10 Stössen auf einem Plateau. Die PEF-Ergebnisse von *Wright* basieren also auf PEF-Werten zu Anfang dieses Plateaus und sind als deren Mittelwert angegeben. Die PEF-Ergebnisse der vorliegenden Arbeit stellen maximale Werte zu Beginn dieses Plateaus dar. Natürlich werden unter gleichen Bedingungen die letzteren PEF-Ergebnisse grösser sein. Da sie aber dem gleichen Plateau angehören, dürfte die Differenz nicht allzu gross sein. Anschaulich zeigt dies Tabelle 1 bei *Herxheimer* (9). Hier sind für jede Person jeweils drei Werte, die nach einigen Vorversuchen in 30 bis 60 Sekunden-Abstand erzielt wurden, und ihre Mittel wiedergegeben. Wie man sieht, übertrifft der maximale PEF das Mittel nur gering. Der Unterschied beträgt bei den vorliegenden Untersuchungen im Durchschnitt etwa 4 Prozent.

Alle Personen wurden im Stehen getestet. Anschliessend wurden das Alter in Jahren, das K-gewicht einschliesslich der Kleidung in kg, die K-grösse in cm und das Geschlecht notiert. Tabelle 1 zeigt u. a. die Anzahl der Untersuchten pro Altersklasse und die Mittelwerte von K-grösse und K-gewicht.

TABELLE 1
Übersichtstabelle.

Geschlecht	Altersklasse in Jahren	Zahl der Fälle	K-grösse in cm M.W.	K-gewicht in kg M.W.	M.W. des PEF in L/min.	S.D. des PEF in L/min.	Var. Koef.
♂	15–19	40	174,9	68,6	526,5	70,2	13,3
	20–29	226	175,9	75,9	599,9	67,0	11,3
	30–39	69	176,0	79,9	602,9	73,7	12,2
	40–49	53	175,5	80,9	545,3	84,0	15,4
	50–59	66	171,3	79,2	506,4	78,4	15,5
	60–69	36	170,1	76,5	471,7	80,8	17,1
	70–79	37	167,7	70,0	408,7	57,3	14,0
	80–89	33	167,2	65,3	383,6	93,3	24,4
♀	15–19	42	164,0	58,3	444,8	37,6	8,5
	20–29	109	165,5	61,8	472,6	59,1	12,5
	30–39	62	163,4	63,3	442,9	49,9	10,6
	40–49	83	164,3	66,8	432,9	58,5	13,5
	50–59	74	162,5	70,3	397,7	49,3	12,4
	60–69	54	162,6	70,9	371,5	60,2	16,2
	70–79	39	162,2	69,9	314,6	52,6	16,7
	80–89	22	162,1	65,9	290,9	58,8	20,2

ERGEBNISSE

1. *Die Abhängigkeit des max.Exspirationsstromes vom Alter.*

In Tabelle 1a und 1b (Anhang) kommt die Abhängigkeit aller PEF-Einzelwerte vom Alter zum Ausdruck. Die Variationsbreite ist gross und beträgt 650 L/min (860–210 L/min) bei Männern, 420 L/min (620–200 L/min) bei Frauen.

Die PEF-Standardabweichung (s. Tab. 1) der verschiedenen Altersgruppen ist erheblich und beträgt i. M. bei Männern 75,6 L/min und bei Frauen 52,9 L/min, der Variationskoef. (V_k) beträgt i. M. 15,4 Prozent bzw. 13,9 Prozent. Mit zunehmendem Alter steigt die Standardabweichung relativ an, was im Anstieg der V_k noch deutlicher zum Ausdruck kommt.

Der graphischen Darstellung (Abb. 1) des Abhängigkeitsverhältnisses des PEF vom Alter liegen folgende Regressionsgeraden zugrunde:

$y = 749{,}3 - 4{,}38 \cdot x$ für Männer von 35 bis 89 Jahren und
$y = 558{,}9 - 3{,}09 \cdot x$ für Frauen von 25 bis 89 Jahren.

TABELLE 1 a (Anhang)

Korrelation zwischen Alter und PEF bei Männern.

PEF in L/min.	Altersgruppen in Jahren								Anzahl
	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	
860		1							1
850									
800									
		1							1
		1							1
750		1	1						2
			1						1
		2							2
		2	3						5
		2	1						3
700		1	1	1					3
		3	3	1	1				8
		15	2	2					19
		7	1						8
		12	2		1				15
650	1	7	2	1		1			12
		15	3	1	3				22
		5	6	1					12
	3	26	11	3	3				46
	2	10	3	3	1				19
600	3	13	3	3	1				23
		10	1	1	1	1			14
	3	17	2	7	3				32
		2	2	2	1	1		1	9
	5	21	3	4	3	1			37
550	2	3	1	1	2	1			10
	1	14	5	1	2	4			27
	1	4	3		3				11
	2	9		4	4	3	2	1	25
	1	1			4	1		1	8
500	2	8	4	2	3	3	2	1	25

TABELLE 1 a (Fortsetz.)

PEF in L/min.	Altersgruppen in Jahren								Anzahl
	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	
	3		2		1	1	1	1	9
	3	8		4	7	1		1	24
				1	3	3	1	2	10
	2	2		1	3		1	1	10
450		1	1	2		1	3	2	10
			1	2	1	1	1	1	7
	2				2	3	1		8
	1	1		2	5		4	1	14
					1	3	4	2	10
400		1			2	1	3	1	8
	2		1				3	1	7
	1				4	1	2		8
								1	1
				2		2	2	1	7
350				1			2	3	6
					1	2		1	4
							1	1	2
							2		2
300							2	1	3
								3	3
								1	1
						1			1
250								2	2
								1	1
								1	1
200									
	40	226	69	53	66	36	37	33	560

Für die Altersspanne 15 bis 24 Jahren erhalten die Regressionskoef. umgekehrte Vorzeichen; die Regressionsgeraden lauten:

für junge männliche Personen: $y = 365{,}5 + 9{,}74 \cdot x$ und
für junge weibliche Personen: $y = 379{,}6 + 3{,}73 \cdot x$ (x = Jahre).

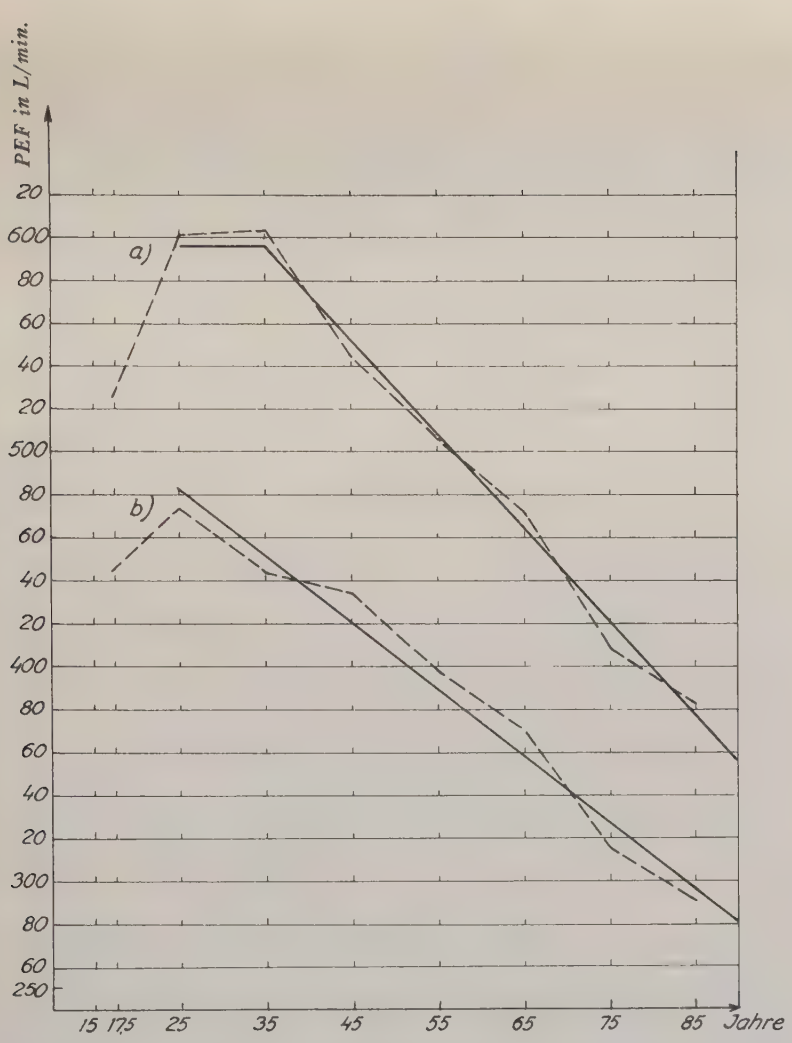

Abb. 1.
Abhängigkeit des PEF vom Alter. a) bei Männern; b) bei Frauen.

Die Regressionsgeraden (Abb. 1) folgen sehr eng den Kurven, die durch die Verbindung der PEF-Altersgruppenmittel zustandekommen. Bei Männern ist der mächtige Anstieg des max. Exspirationsstromes in der Jugend, die Konstanz der

TABELLE 1b (Anhang)

Korrelation zwischen Alter und PEF bei Frauen.

PEF in L/min.	Altersgruppen in Jahren								Anzahl
	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	
		1							1
600									
		1		1					2
		4		2					6
		2							2
		4	1	1					6
550	1	4	1						6
		4		2					6
		2		1					3
		4	1	2	1				8
	2	4			1				7
500	1	7	2	1	2	1			14
	1	3	9	2		1			16
	2	12	7	4					25
	5	6	3	5					19
	7	9	1	6	5	4			32
450	3	3	5	4	2	3			20
	2	9	4	6	3	2			26
	5	3	4	4	6		1		23
	3	8	4	7	6	3		1	32
	2	5	3	6	4	1		1	22
400	4	8	5	9	9	3	2		40
	2		5	7	8	5	2		29
	1	1	4	2	7	4	2		21
	1	2	2	3	2		1		11
		1		1	4	2	1	2	11
350				3	5	4	1	1	14
		2	1	1	3	3	2		12
				1	1	3	1	1	7
				1	2	7	7	1	18
					1	1	2	1	5
300				1		4	4	1	10
							2	1	3
						2	2	1	5
					1		2		3
					1		3	4	8

TABELLE 1b (Fortsetz.)

PEF in L/min.	Altersgruppen in Jahren								Anzahl
	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	90-89	
250								2	2
							1	2	3
							1	1	2
						1		1	2
							2		2
200								1	1
	42	109	62	83	74	54	39	22	485

PEF-werte vom 25. bis 35. Lebensjahr und der dann folgende nahezu gleichmässige Abfall auffallend. Ein grösserer PEF-abfall besteht zwischen dem 35. bis 45. Lebensjahr mit 58 L/min und zwischen dem 65. bis 75. Lebensjahr mit 63 L/min. Frauen haben mit 25 Jahren ihre höchste Ventilationsleistung erreicht. Von diesem Zeitpunkt an fällt der max. Exspirationsstrom zunächst allmählich, darauf stärker, jedoch nahezu gleichmässig ab, ein stärkeres Absinken ist vom 65. bis 75. Lebensjahr anzutreffen. Die Kurven ähneln denen der Untersuchungen über die Abhängigkeit der VK vom Alter (1).

Bis zum 89. Lebensjahr fällt bei Männern i. M. der max. Exspirationsstrom um 219 L/min, bei Frauen um 182 L/min.

2. *K-grösse und max. Exspirationsstrom.*

In Tabelle 2a und 2b (Anhang) sind alle PEF-Einzelergebnisse in Abhängigkeit von der K-gösse ohne Berücksichtigung des Alters wiedergegeben. Es besteht eine positive Korrelation zwischen PEF und K-grösse bei starker Streuung der Einzelwerte. Die starke Streuung ist z. T. durch die Zugehörigkeit zu verschiedenen Altersgruppen bedingt. Dieser Faktor wurde bei der Berechnung der Regressionskoef. (b) für die K-grösse dadurch ausgeschaltet, dass nur die Einzelbeobachtungen innerhalb einer Dekade berücksichtigt wurden; aber dennoch besteht eine starke Streuung, z.B. beträgt die grösste

TABELLE 2

PEF – K-gewicht und K-grösse.

Gesehlecht	Altersklasse in Jahren	K-gewicht		K-grösse	
		Regressions-koef. (b)	Correlations-koef. (r)	Regressions-koef. (b)	Correlations-koef. (r)
♂	15–19	4,42	0,434	3,57	0,35
	20–29	2,29	0,299	3,85	0,33
	30–39	2,59	0,315	3,41	0,31
	40–49	0,47	0,058	2,98	0,24
	50–59	1,69	0,244	3,57	0,31
	60–69	0,32	0,035	4,97	0,39
	70–79	0,49	0,072	2,61	0,28
	80–89	4,09	0,359	4,96	0,29
♀	15–19	0,60	0,120	1,82	0,27
	20–29	1,06	0,161	3,64	0,35
	30–39	1,46	0,257	2,98	0,39
	40–49	1,79	0,300	3,32	0,38
	50–59	0,96	0,226	4,02	0,48
	60–69	1,35	0,269	2,74	0,32
	70–79	0,08	0,017	2,60	0,31
	80–89	1,28	0,186	1,78	0,27

Variationsbreite innerhalb der Dekade 20 bis 29 J. bei Männern 360 L/min für die K-grössengruppen 174 und 183 cm, bei Frauen 220 L/min für den K-grössenbereich 166,5–172,5 cm.

Die in oben angegebener Weise berechneten Regressionskoef. (s. Tab. 2) weichen statistisch untereinander nicht signifikant ab, was bedeutet, dass die einzelnen Regressionsgeraden annähernd parallel verlaufen. Innerhalb physiologischer Grenzen beträgt der mittlere Regressionskoef. bei Männern 3,74, bei Frauen 2,86. Der relativ steile Verlauf der Regressionsgeraden der männlichen Altersgruppen 60 bis 69 und 80 bis 89 J. und der flache Verlauf der Regressionsgeraden der weiblichen Altersgruppen 15 bis 19 und 80 bis 89 J. kommt durch extreme Einzelwerte zustande.

Die Korrelation (s. Tab. 2) des PEF mit der K-grösse ist

TABELLE 2a (Anhang)

Korrelation zwischen K-grösse und PEF bei Männern.

PEF in L/min.	K-grösse in cm														An-zahl
	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	
850												1			1
											1				1
800											1				1
									1				1		2
750											1				1
										2					2
										5					5
										1	1			1	3
700							1		1		1				3
							3		1	1	1	1	1		8
							2	6	3	2		3	1	2	19
							3	1	1		3				8
						1	6	2	2		2	2			15
650					1		3	3	3		1		1		12
							2	5	5	5	4	1			22
							3	3	3		1	1	1		12
			1		1	2	9	5	13	10	4			1	46
	1				1	2	3	5		3	2	1		1	19
600				1		2	4	3	7	2	3		1		23
						1	4	3	3	1	1	1			14
	1					1	4	7	6	7	4	2			32
						1	3	2	1	1		1			9
		1			1	2	11	3	9	1	7	2			37
550						1	4	1	2		1	1			10
		1	1	2		1	9	2	4	5	1	1			27
	1					1	5	2			2				11
				2	2	3	6	5	4	1	2				25
					1	3	1		3						8
500			1			3	4	5	7	4	1				25
				1	1	2	1	3				1			9

TABELLE 2a (Fortsetz.)

PEF in L/min	K-grösse in cm														An-zahl
	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183	186	189	192	
						3	11	5		3	1	1			24
			1	3	1		3	2							10
		1			1	1	4	1	1			1			10
450				2		1	3	2	1		1				10
			1		2	1		1		1		1			7
			1		1	2	1	2	1						8
		1	2			3	2	5		1					14
				2	1	5	1	1							10
400		2		1	2	1			2						8
				2	3	1		1							7
		1	1			1	2		3						8
							1								1
				1		2	1	3							7
350					1	2		2		1					6
				1		2	1								4
	1					1									2
				2											2
300				1			1	1							3
			1				1	1							3
			1												1
							1								1
250				1		1									2
					1										1
	1														1
200															
	2	8	12	21	23	53	125	92	87	57	47	22	6	5	560

durch einen mittleren Korrelationskoef. für Männer von r = 0,31, für Frauen r = 0,35 charakterisiert. Da die Korrelation gering ist, wird die Standardabweichung, wenn auch die K-grösse berücksichtigt wird, i. M. nur bei Männern um 3,8 L/min, bei Frauen um 3,15 L/min gesenkt.

TABELLE 2 b (Anhang)

Korrelation zwischen K-grösse und PEF bei Frauen.

PEF in L/min.	K-grösse in cm												Anzahl
	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	
620									1				1
600													
										1	1		2
							1		2	1	2		6
									1	1			2
				1			2	1	1		1		6
550						1			1	3	1		6
								1	3	2			6
							1			1	1		3
				1			2		3			2	8
						1		2		2	2		7
500				1		1	3	3	3	3			14
				1	1	3	2	2	1	2	3	1	16
					1	4	6	3	3	1	4	3	25
				1		3	2	4	3	5	1		19
				1		4	7	5	9	2	4		32
450					1	3	6	2	4	3	1		20
				1	2	3	4	5	8	2	1		26
			1	1	2	4	4	1	3	5	2		23
				2	1	6	5	9	7		2		32
				3		5	5	3	2	4			24
400			1	1	5	11	4	9	7	1	1		40
			1	1	3	7	4	5	6	1	1		29
	1				2	1	6	4	2	3	1		21
				3	1	4	1	3	1	1			11
						3	3	3		1			11
350			1	2	2	3	3	2			1		14
			1	1	4	1	1	1			1		12
				1	1	6	2	3					7
		1	2	2	1		2		3	1			18
					1			1	2		1		5
300			1		2	1	1	1	1	2		1	10
						1	1			1			3
		1	2		1			1					5
				3									3
			1		2	2	1	1		1			8

TABELLE 2b (Fortsetz.)

PFF in L/min.	K-grösse in cm												Anzahl
	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	
250						1					1		2
			1		1						1		3
						2							2
					2								2
					1					1			2
200					1								1
	1	2	12	27	37	83	79	75	77	51	34	7	485

3. *Einfluss des K-gewichtes auf den max. Exspirationsstrom.*

Die Korrelationskoef. (s. Tab. 2) des weiblichen Untersuchungsgutes sind i. M. 0,192, so niedrig, dass sie keinen praktischen Aussagewert besitzen; ähnliches gilt für die entsprechenden Regressionskoef. (s. Tab. 2). Bei den Männern haben lediglich die Korrelationskoef. und Regressionskoef. der drei jüngsten Altersgruppen Bedeutung.

Ein wesentlicher Einfluss des K-gewichtes auf den max. Exspirationsstrom besteht also nicht.

4. *Die Geschlechtsabhängigkeit des max. Exspirationsstromes.*

Dass der max. Exspirationsstrom sich geschlechtsabhängig verhält, zeigten schon z. T. die bisher angeführten Tabellen. I .M. haben Männer einen max. Exspirationsstrom, der den der Frauen um 110 L/min übertrifft. Für die verschiedenen Altersgruppen – wie aus Tabelle 1 abgelesen werden kann – lauten die PEF-Unterschiede in L/min von Männern zu Frauen i. M. für

17,5	25	35	45	55	65	75	85 Jahre
+82	+127	+160	+112	+108	+100	+94	+93 ·

Dass die Gruppenmittel niedriger sind, kann nicht allein auf eine kleinere K-grösse zurückgeführt werden. Dies lässt

sich zeigen, wenn man die Altersgruppenmittel auf eine K-grösse von 170 cm standardisiert, wozu die tatsächlich ermittelten Regressionskoef. der jeweiligen Altersgruppe genommen werden. Beim Vergleich der korrespondierenden Mittelwerte verbleibt ein Geschlechtsunterschied i. M. von 83 L/min.

5. *Sollwerte für den max. Exspirationsstrom.*

Dem Nomogramm (Abb. 2a und 2b), das innerhalb physiologischer Grenzen gilt, liegen Alter, K-grösse und Geschlecht zugrunde. Die Regressionsgeraden basieren auf den sog. ausgeglichenen Regressionskoef., die zufallsbedingte Unterschiede beseitigen. Sinkt hier der PEF i. M. bei Männern um 30,8 Prozent, bei Frauen um 27,8 Prozent unter den jeweiligen Sollwert, dann liegen pathologische Werte vor. Die zur Abgrenzung vom pathologischen Bereich zweckmässigen, präzisen Variationskoef. für ein bestimmtes Alter – die V_k steigen mit zunehmendem Alter an – errechnen sich aus folgenden Formeln:

$$y = 9{,}14 + 0{,}127 \cdot x \text{ für Männer,}$$
$$y = 6{,}77 + 0{,}141 \cdot x \text{ für Frauen}$$
$$(y = V_k \text{ und } x = \text{Alter in Jahren}).$$

Auf so berechneten V_k basieren die Klammerwerte in Tabelle 3.

Tabelle 3 zeigt die praktisch brauchbaren PEF-Sollwerte in L/min in Abhängigkeit von Geschlecht, K-grösse und Alter. Die Klammerausdrücke markieren die statistisch untere Grenze des PEF.

Bleibt die K-grösse unbeachtet, ergibt sich aus der Regression des PEF zum Alter der Sollwert für Männer von 35 bis 89 Jahren aus der Formel:

$y = 749{,}3 - 4{,}38 \cdot x$ (Der Sollwert für Männer von 25 bis 34 J. ist gleich dem der 35-jährigen). Der Sollwert für Frauen von 25 bis 89 J. ist durch die Formel:

$y = 558{,}9 - 3{,}09 \cdot x$ bestimmbar. Für junge männliche

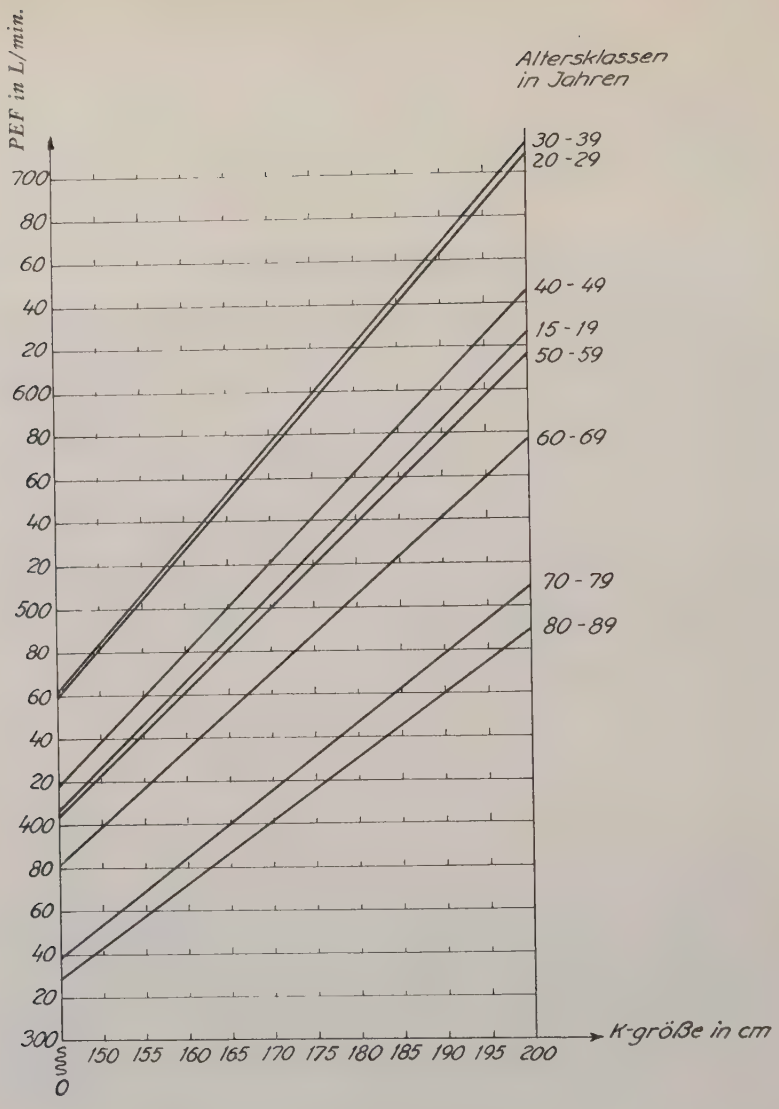

Abb. 2a.
Nomogramm zur Ermittlung des Sollwertes des PEF für Männer.

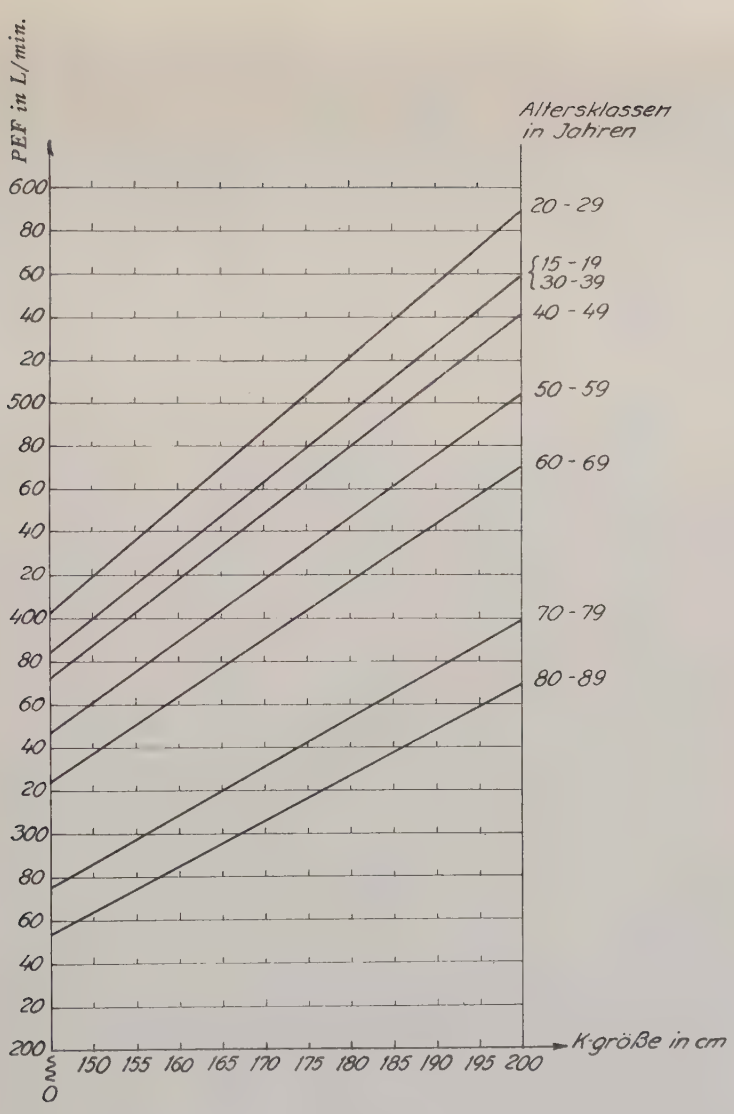

Abb. 2b.
Nomogramm zur Ermittlung des Sollwertes des PEF für Frauen.

TABELLE 3

PEF-Sollwerte, in Klammern die untere Grenze.

K-grösse in cm	Altersbereich in Jahren								
	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	
150	427	482	484	438	424	399	354	343	Männer
	(330)	(363)	(352)	(308)	(287)	(260)	(222)	(206)	
160	467	527	530	480	463	435	385	372	
	(361)	(398)	(386)	(337)	(314)	(284)	(241)	(224)	
170	507	573	576	522	501	471	417	402	
	(392)	(433)	(419)	(366)	(340)	(307)	(261)	(242)	
180	547	619	622	563	540	507	448	431	
	(423)	(467)	(453)	(395)	(366)	(331)	(280)	(259)	
190	587	665	668	605	579	543	479	460	
	(454)	(502)	(487)	(424)	(392)	(354)	(300)	(277)	
150	400	420	400	388	362	338	287	265	Frauen
	(326)	(334)	(306)	(286)	(259)	(230)	(188)	(165)	
160	432	454	432	419	390	365	310	286	
	(352)	(361)	(331)	(309)	(279)	(249)	(203)	(179)	
170	464	488	464	450	419	391	333	307	
	(378)	(388)	(355)	(332)	(300)	(367)	(218)	(192)	
180	496	522	495	481	448	418	355	328	
	(404)	(415)	(380)	(355)	(321)	(285)	(233)	(205)	

PEF-Werte in L/min.

bzw. weibliche Personen im Alter von 15 bis 24 J. errechnet sich der Sollwert aus den Formeln:

$y = 365{,}5 + 9{,}74 \cdot x$ bzw. $y = 379{,}6 + 3{,}73 \cdot x$ ($x =$ Jahre).

Wenn nur die K-grösse als Basis dienen soll, betragen die Sollwerte bei der Standardisierung auf 45 Jahre

a) für Männer: $y = -187{,}22 + 4{,}17 \cdot x$ und
b) für Frauen: $y = -80{,}11 + 3{,}12 \cdot x$ ($x =$ K-grösse in cm).

DISKUSSION

Beim Vergleich der hier gewonnenen Altersgruppenmittel des PEF mit den korrespondierenden Werten anderer Autoren

(Tabelle 3 Anhang) muss man berücksichtigen, dass die Methoden z. T. differieren. *Wright* (35), *Higgins* (11), *Mork* (19), *Tinker* (32), das *College of General Practitioners* (3), *Fairbairn u.a.* (4) und *Leiner u.a.* (15) gingen in ihren Methoden mit geringfügigen Abweichungen vom Mittel der drei letzten von mehreren aufeinanderfolgenden Versuchen aus. In der vorliegenden Arbeit wurde wie auch von *Nairn u. a.* (20), *Read & Selby* (23), *Flint & Khan* (6), *Ritchie* (24) und *Rosenblatt u.a.* (25) der Höchstwert mehrerer aufeinanderfolgender Versuche allein verwertet. Wie schon erwähnt, müssten die Gruppenmittel, die auf der von *Wright* (35) erstmals angegebenen Methode basieren, niedriger sein als diejenigen, die auf Grund der zweiten Methode ermittelt wurden. In der Tat jedoch ist dem generell nicht so, ausserdem sind die Differenzen z. T. beträchtlich (s. Tabelle 3 Anhang). Derartige PEF-differenzen können auf Apparatabweichungen – die Fehlergrenze der WPFM wird mit ± 10 Prozent (34) angegeben – beruhen. Unterschiede in den Gruppenmittelwerten dürften auch dadurch zustandekommen, dass den Autoren eine andere Bevölkerung zur Verfügung stand. Z. B. befinden sich in der männlichen Altersgruppe 20 bis 39 Jahre der vorliegenden Untersuchung eine grosse Anzahl Feuerwehrleute. Bekanntlich verfügen solche Personen über einen ausgezeichneten Gesundheitszustand, welcher sehr gute PEF-werte für die entsprechenden Altersgruppen zur Folge haben dürfte. Möglicherweise führt die Durchführung des Testes, ob im Stehen, Sitzen oder Liegen zu Abweichungen der PEF-werte voneinander. Auch ist kaum anzunehmem, dass die Mitarbeit der Probanden von allen Autoren in gleicher Weise stark angesprochen wurde. Gute Mitarbeit aber ist Bedingung, wenn der Proband seine maximale Inspiration als Ausgangspunkt für den max. Exspirationsstrom erreichen soll. So fand *Shephard* (28) bei den gleichen Personen PEF-werte nach maximaler Inspiration von i. M. 573 L/min, nach normaler Inspiration von i. M. 488 L/min. Auch *Stucki* (30) konnte zeigen, dass der maximal erzeugbare Alveolardruck, der ja den PEF wesentlich mitbestimmt, von der Inspirationsstellung

TABELLE

Ergebnisse aus Arbeit

In Klammern die korrespondierend

Autoren	Altersgruppen in Jahren		Zahl d. Fälle	M. W. des PFF in L min.	
Higgins (11)	25–34	♂	46	585	(602)
	35–44		48	501	(574)
	45–54		45	456	(525)
	55–64		117	406	(489)
	65–74		45	304	(440)
	25–34	♀	47	368	(408)
	35–44		47	332	(438)
	45–54		48	311	(416)
	55–64		92	254	(384)
	65–74		46	225	(342)
Lockhart u. a. (16)	–	♂	105	537	
	–	♀	74	380	
	x_1 auf die Sitzhöhe bezogen				
Mork (19)	40	♂	38	468 x_2	(574)
	40	♂	118	550 x_2	(574)
	x_2 auf 40 Jahre standardisiert				
Tinker (32)	30–39	♂	35	604	(603)
	40–49		36	568	(545)
	50–59		45	507	(506)
College of General Practitioners (3)	40–49	♂	650	467	(545)
	50–59			422	(506)
	60–64			388	–
	40–49	♀	719	336	(433)
	50–59			310	(398)
	60–64			298	–

(Anhang)
anderer Autoren.
Werte der vorliegenden Arbeit.

SD d. PEF in L/min.	Var. Koef.	Bevölkerung	Verschiedenes
–	–	Ländliche	Reg. Coef. zum Alter
–	–	Bevölkerung	für ♂ = 6,34 ± 0,579
–	–	des Tales	(4,38)
–	–	Glamorgan	für ♀ = 3,84 ± 0,445
–	–		(3,09)
–	–		
–	–		
–	–		
–	–		
–	–		
–	30	99 Pers. eines	Reg. Coef. (Alter) ♂ =
–	30	Hospitals u. 80	2,9 ± 0,1
		Flachsarbeiter	Reg. Coef. (K.-gr.) ♂ =
			5,7 x_1 (4,17).
			Alter, K.-gr. u. K.-gew. ohne
			signifikante Bed. bei ♀
103 (78,8)	–	Londoner } Transport-	Reg. Coef. (Alter) =
105 (78,8)	–	Bergener } arbeiter	4,2 (4,38)
			Reg. Coef. (Sitzhöhe) = 0
96 (74)	16 (12)	Londoner	Reg. Coef. (Alter) =
81 (84)	14 (15)	Transportarbeiter	4,64 (4,38)
103 (78)	20 (16)		Reg. Coef. (Sitzhöhe) = 3,82
–	–	Ländliche	
–	–	u. städt. Bev.	
–	–		
–	–		–
–	–		
–	–		

TABELLE

Autoren	Altersgruppen in Jahren		Zahl d. Fälle	M.W. des PEF in L/min.
Read & Selby (23)	25	♂	44	562 x_1 (573) x_3
	35			541 x_1 (576) x_3
	45			520 x_1 (522) x_3
	55			499 x_1 (501) x_3
	65			478 x_1 (471) x_3
	75			457 x_1 (417) x_3
	25	♀	76	424 x_1 (454) x_3
	35			412 x_1 (432) x_3
	45			400 x_1 (419) x_3
	55			388 x_1 (390) x_3
Flint & Khan (6)	17–29	♂	221	557 (563)
	30–39		123	545 (603)
	40–49		97	513 (545)
	50–59		78	483 (506)
	60–69		32	375 (471)
	70–79		26	301 (409)
	80–89		45	289 (384)
	17–29	♀	174	413 (459)
	30–39		41	387 (443)
	40–49		43	330 (433)
	50–59		51	319 (398)
	60–69		15	265 (371)
	70–79		43	234 (315)
	80–89		63	208 (291)
Wright u. a. (36)	46,2	♂	264	527 x_4 (545) x_5

x_4 = MW von 264 Persone

des Brustkorbes abhängt, mit anderen Worten – normale Verhältnisse vorausgesetzt – von der Mitarbeit der Probanden. Schliesslich beeinflusst auch die Auswahl der Versuchspersonen, d. h. die Definition der gesund-normalen Personen und ihre Aufnahme in das Untersuchungsgut, das Ergebnis.

Wenn man nun berücksichtigt, dass die Mittelwerte nach der *Wright*'schen Methode niedriger sein dürfen, dann stimmen die Altersgruppenmittel der vorliegenden Arbeit mit den korrespondierenden Ergebnissen von *Mork* (19) (Gruppe

(Fortsetz.)

SD d. PEF in L/min.	Var. Koef.	Bevölkerung	Verschiedenes
114	–	Gemischte Bev. aus Sydney	PEF-Sollwerte nach Formel: $x_1 = 3{,}2 \cdot$ K.-gr. $- 2{,}1 \cdot A + 71$ für die K.-gr. 170 cm ♂ $x_2 = 452 - 1{,}2 \cdot A$ für ♀. $x_3 =$ eigene Sollwerte
72 (69)	–	Gemischte	
86 (74)	–	Bev. einer	
81 (84)	–	Industrie-	
84 (78)	–	stadt	
102 (81)	–		
77 (57)	–		
60 (93)	–		–
57 (48)	–		
67 (47)	–		
61 (59)	–		
63 (49)	–		
62 (60)	–		
66 (53)	–		
57 (59)	–		
46 (84) zwischen 30–84 Jahren	(15) 8,7 $x_5 =$ eigner MW	–	Kor. Coef. mit K.-gr. = 0,31

aus Bergen), *Tinker* (32), *Wright u. a.* (36), *Fairbairn u. a.* (4) und *Shephard* (28) überein (s. Tabelle 3 Anhang).

Beim Vergleich der „Normalwerte" von *Higgins* (11) (s. Tabelle 3 Anhang) muss daran erinnert werden, dass *Higgins* ein PEF-Modell älterer Ausführung benutzte, das noch nicht gegen aktuellen PEF kalibriert worden war und daher die wahren PEF unterbewertete. Nach Angaben von *Higgins* und *Wright & McKerrow* (35) kann dieser Fehler durch Multiplikation der Ergebnisse mit dem Faktor 1,17 korrigiert wer-

TABELLE

Autoren	Altersgruppen in Jahren		Zahl d. Fälle	M.W. des PEF in L/min.
Shephard (28)	19–38	♂	72	533 (600)
	40–49	♂	11	502 (545)
	> 50	♂	5	515 (506)
	76	♂	1	541 (409)
	16–29	♀	8	414 (459)
Fairbairn u. a. (4)	40–59	♂	35	473 (526)
	40–59	♀		
Leiner u. a. (15)	25	♂	29	640 x_1 (619) x_3
	35	♂	42	620 x_1 (622) x_3
	45	♂	24	590 x_1 (563) x_3
	55	♂	7	560 x_1 (540) x_3
	65	♂	3	535 x_1 (507) x_3
	25	♀	11	470 x_2 (488) x_3
	35	♀	12	455 x_2 (464) x_3
	45	♀	15	445 x_2 (450) x_3
	55	♀	3	432 x_2 (419) x_3
	65	♀	3	420 x_2 (391) x_3

x_1 = Sollwerte bei K.-grösse 180 cm nach Formel PEF (L/min) = $[3{,}95 - (0{,}0151 \cdot A(J)] \cdot$ K.-grösse cm für ♂.

den. In der Tat jedoch scheint *Higgins* den PEF zu gross gefunden zu haben. So fand er für Männer zwischen 25 und 34 Jahren, die in ihrem Beruf nie für längere Zeit einer staubigen Atmosphäre ausgesetzt waren, Durchschnittswerte von über 700 L/min, ferner bei 25 Prozent einen max. Exspirationsstrom von über 800 L/min und bei 3 Prozent Werte über 900 L/min. Jedoch nur ein einziger junger Mann im Alter von 22 Jahren (1,85 m gross und 85 kg schwer) wies von den 560 von mir untersuchten Männern einen Wert von über 800 L/min auf, und nur 15 Männer – das sind 2,7 Prozent der Gesamtzahl – erreichten Werte über 700 L/min. Dieser Unterschied ist um so auffallender, als sich in *Higgins*' Untersuchungsgut Personen mit Atembeschwerden befanden. Seine

(Fortsetz.)

SD d. PEF ln L/min.	Var. Koef	Bevölkerung	Verschiedenes
70 (69)		Freiwillige	
55 (84)		d. Wehrmacht	
–	13,1		–
–			
48 (48)		Laborantinnen	
103 (81)	27 (16)		
	24		
		Städt. Bev. aus New Jersey	Kor. Coef. des PEF mit der K.-grösse
70,0 (76)	–		für ♂ = 0,105
			für ♀ = 0,427
58,9 (53)	–		

x_2 = Sollwerte bei K.-grösse 170 cm nach Formel PEF (L/min) = [2,93 — (0,0072 · A(J)] · K.-grösse cm für ♀.
x_3 = Korrespondierende Sollwerte der vorliegenden Arbeit.

Ergebnisse können schon aus diesem Grund nicht als Normalwerte gelten.

In einer vergleichenden Studie über Respirationskrankheiten gibt *Mork* (19) für 40-jährige Transportarbeiter aus Bergen die Gruppenmittel an mit 550,7 L/min, also 23,3 L/min unter dem vorliegenden Ergebnis, für Arbeiter aus London mit 468,3 L/min. Dieses Ergebnis unterschreitet den korrespondierenden eigenen PEF-wert um 105,7 L/min (s. Tabelle 3 Anhang). Nach Mork ist der PEF-Unterschied der Gruppe aus Bergen zur Gruppe aus London darauf zurückzuführen, dass beide Gruppen fassbar ungleich zwei Faktoren ausgesetzt wurden, von denen man annimmt, dass sie bei der Verursachung von chronisch kardio-respiratorischen Krankheiten

von Bedeutung sind: Zigarettenrauchen und atmosphärische Verunreinigung. Für 40-jährige Londoner Transportarbeiter dagegen fand *Tinker* (30) ein dem eignen von 574 L/min ähnliches PEF-gruppenmittel von 586 L/min. Nach *Tinker*'s Meinung ist der signifikant niedrigere Wert von *Mork* auf dessen Auswahl der Gesunden – non bronchitic group – zurückzuführen. Zu dieser „non bronchitic group" nämlich zählte *Mork* auch Personen, die weniger als drei Monate im Jahr Husten und Sputum hatten. Möglicherweise enthielt gerade *Morks* englische Probe davon eine grosse Anzahl. Andererseits ist der Zusammenhang von Zigarettenrauchen und atmosphärischer Verunreinigung mit kardiorespiratorischen Symptomen und die dadurch bedingte Beeinflussung des PEF kaum zu leugnen, was auch aus Studien von *Higgins* (11), *Fletcher & Tinker* (5), *Olsen & Gilson* (21), dem *College of General Practitioners* (3) und *Read & Selby* (23) hervorgeht.

Vergleicht man die eignen PEF-Altersgruppenmittel mit den korrespondierenden von *Tinker* (s. Tabelle 3 Anhang), so fällt weitgehende Identität auf.

Die Tatsache, dass Nicht-Bronchitiker in der Untersuchung vom *College of General Practitioners* als gesund bezeichnet wurden und verschiedene Untersucher teilnahmen, die wenig bzw. keine Erfahrung mit dem WPFM hatten, können erklären, warum sämtliche PEF-Altersgruppenmittel in der Studie der *General Practitioners* (3) (s. Tabelle 3 Anhang) niedriger sind als die der vorliegenden Arbeit (i. M. liegen die eigenen um 18 Prozent für Männer, um 29 Prozent für Frauen höher). Von den Autoren selbst wurde festgestellt, dass ihre Ergebnisse viel niedriger als die aus zwei ihrer früheren Arbeiten lagen.

Auch die von *Flint & Khan* (6) an 622 gesunden Männern und 430 gesunden Frauen aufgestellten PEF-Altersgruppenmittel liegen, obwohl die gleiche Methodik wie in der vorliegenden Arbeit angewandt wurde, niedriger als die Vergleichswerte (s. Tabelle 3 Anhang), besonders bei Frauen. Die Möglichkeit, dass unentdeckte Fälle von Bronchitis miteinbezogen wurden, wurde von den Autoren eingeräumt.

Die PEF-Standardabweichungen und V_k der Altersgruppenmittel der vorliegenden Arbeit betragen i. M. 75,6 L/min bei Männern, 52,9 L/min bei Frauen bzw. 15,4 Prozent und 13,9 Prozent. Die Streuung ist also gross. Im wesentlichen dürfte die grosse Streuung eine Folge der natürlichen, von Mensch zu Mensch wechselnden Verteilung der Querschnittsgrössen entsprechender Bronchialbaumabschnitte sein. Minimale Weitenänderungen der Atemwege nämlich führen zu erheblichen Unterschieden des Bronchialwiderstandes. Bronchialwiderstandsänderungen aber kommen besonders deutlich im PEF-wert zum Ausdruck. Da nämlich beim maximalen Exspirationsstrom vorwiegend turbulente Strömung in den Atemwegen herrscht, kommt z. B. ein hoher bronchialer Widerstand wesentlich stärker zur Geltung als bei normalen Atembewegungen. Im letzteren Fall liegen vorwiegend laminare Strömungsverhältnisse vor, für die das Hagen-Poisseuille'sche Gesetz gilt (2, 26). Durch bronchographische Studien von *Stutz* (31) wird die Annahme über die Ursache der grossen Streuung gestützt. *Stutz* konnte zeigen, dass von Person zu Person die Kaliber der Hauptbronchien, der Bronchien und der Bronchiolen, ihre Länge, ihre Verzweigung, ihr Elastizitätszustand, die Bronchialmuskulatur und ihr Tonus voneinander mehr oder weniger abweichen. – Bei Asthmatikern wurde von *Stresemann* (29) eine bedeutend grössere Streuung der Einzelwerte gefunden. –

Ähnliche Ergebnisse über den Umfang der Streuung wie in der vorliegenden Arbeit (s. Tabelle 3 Anhang) fanden *Tinker* (32), *Flint & Khan* (6), *Shephard* (28) und *Leiner u. a.* (15). *Wright u.a.* (36) ermittelten eine deutlich niedrigere Streuung. Die Ursache dafür dürfte an der Auswahl seines Untersuchungsgutes liegen. Er nahm in seine Gruppe der Gesunden nur besonders leistungsfähige Personen auf, die u. a. eine MBC von 80 Prozent des Sollwertes und ein Residualvolumen innerhalb zweier s des durch Alter und K-grösse berechneten Sollwertes aufwiesen. Die Vergleichswerte der Streuung von *Mork* (19), *Read & Selby* (23), *Fairbairn u. a.* (4) und *Rosenblatt u. a.* (25) liegen beträchtlich höher als

die Angaben der vorliegenden Arbeit (s. Tabelle 3 Anhang). Letztere Autoren scheinen die Abhängigkeit des max. Exspirationsstromes vom Alter und der K-grösse zu wenig oder nicht beachtet zu haben. Ein Anwachsen der V_k mit zunehmendem Alter wird aus der vorliegenden Arbeit und aus den Arbeiten von *Tinker* (32), *Read & Selby* (23), *Flint & Khan* (6) und *Leiner u. a.* (15) deutlich. Dieses Verhalten der V_k spiegelt den im Leben an individuell verschiedenen Zeitpunkten und in individuell verschiedenem Masse auftretenden Altersbeginn wieder. Mit zunehmendem Alter nämlich treten eine Minderung der Atemmuskelkraft und eine Steigerung der Widerstände in den Atemwegen auf; die Frage des Altersemphysem, die allerdings noch nicht völlig abgeklärt ist, spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle (2, 26). Den Einfluss des Alters auf den max. Exspirationsstrom veranschaulicht deutlich Abb. 1. In den höheren Altersgruppen macht sich eine erhöhte Streuung der PEF-werte bemerkbar, da jetzt Werte von noch jugendlich frischen, unverbrauchten mit solchen von bereits alternden Personen sich mischen. Diese gesteigerte Variabilität der individuellen Exspirationsströme zeigt sich offenkundig in dem Anstieg der V_k mit zunehmendem Alter.

Der Regressionskoef. des max. Exspirationsstromes zum Alter in der vorliegenden Arbeit beträgt für Männer 4,38 (für die Altersspanne 35 bis 89 Jahren) und für Frauen 3,09 (für die Altersspanne 25 bis 89 Jahren). Ähnliche Resultate erzielten *Mork* (19), *Tinker* (32), *Read & Selby* (23), *Leiner u. a.* (15) und *Higgins* (11). *Higgins*' Ergebnis für Männer ist jedoch um 31 Prozent erhöht. In diesem Prozentsatz kommt die Anhäufung von Kranken in den höheren Altersgruppen von *Higgins* zum Ausdruck. Der Regressionskoef. von *Lockhart u. a.* (16) für Männer gleicht nahezu dem eignen, jedoch fanden die Autoren bei Frauen keine signifikante Änderung des max. Exspirationsstromes im Alter. Bei Männern wurde nur von *Shephard* (28) keine Änderung des PEF im Alter gefunden. Dieses Ergebnis scheint durch die ungünstige Verteilung der Personen auf die verschiedenen Alters-

gruppen (s. Tabelle 3 Anhang) bedingt zu sein. Die eignen Regressionskoef. für die weibliche und männliche Altersgruppe von 15 bis 24 Jahren sind wegen guter Übereinstimmung mit den entsprechenden Ergebnissen von *Nairn u. a.* (20) als richtig anzusehen.

Dass eine Regression des max. Exspirationsstromes auch zur K-grösse besteht, wird von *Shephard* (28) und *Leiner u. a.* (15) bestätigt, von *Lockhart u. a.* (16), *Read & Selby* (23) und *Tinker* (32) allerdings nur für Männer. Es sei erwähnt, dass *Tinker* und *Lockhart u. a.* von der Sitzhöhe ausgingen. Auffallend ist, dass dennoch *Tinker*'s Regressionskoef. des PEF zur Sitzhöhe ein wenig niedriger ist als der eigene Regressionskoef. zur K-grösse. Ein signifikanter Einfluss der K-grösse auf den max. Exspirationsstrom bei Frauen wird von *Lockhart u. a.* und von *Read & Selby* bestritten, bei Männern von *Mork*. In der Tat ist die Bedeutung des Regressionskoef. nicht gross, da die Korrelation des max. Exspirationsstromes mit der K-grösse nur i. M. für Männer $r = 0{,}31$ und für Frauen $r = 0{,}35$ (s. Tabelle 2) ist. *Wright u. a.* (36) und *Leiner u. a.* (15) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Der kindliche PEF dagegen, so konnten *Nairn u. a.* (20) zeigen, weist eine sehr hohe Korrelation mit der K-grösse auf, sie beträgt nach *Nairn u. a.* $r = 0{,}93$.

Das K-gewicht hat kaum praktische Bedeutung für den max. Exspirationsstrom, mit Ausnahme das der drei jüngsten männlichen Altersgruppen. Dieses Verhalten wird dadurch erklärt, dass in jungen Jahren bei Männern das K-gewicht gute Auskunft über Muskelmasse und -stärke gibt, die ihrerseits den max. Exspirationsstrom wesentlich bestimmen. Bei Frauen und im höheren Alter wird im allgemeinen das Korrelationsverhältnis zwischen K-gewicht und Muskelmasse durch das verstärkte Hinzutreten einer Adipositas so deutlich vermindert und gestört, dass das K-gewicht dieses Personenkreises völlig an Bedeutung verliert. Das K-gewicht fand daher auch keine Berücksichtigung für die Festlegung der PEF-Sollwerte.

Vergleicht man die PEF-Sollwerte der vorliegenden Arbeit, so zeigt sich gute Übereinstimmung mit den Vergleichswerten

von *Tinker* (32), *Read* & *Selby* (23) und *Leiner u. a.* (15) (s. Tabelle 3 Anhang).

Aus den Einzelbefunden lungengesunder Londoner Transportarbeiter im Alter von 30 bis 59 Jahren ermittelte *Tinker* folgende Sollwertformel:

$y = 768 - 4{,}64 \cdot x$. Dazu zum Vergleich die eigene Regressionsgerade: $y = 749{,}3 - 4{,}38 \cdot x$ (für Männer von 35 bis 89 J. (s. Abb. 1), x = Jahre, y = der PEF-Sollwert).

Um die Übereinstimmung der Ergebnisse von *Read* & *Selby* und *Leiner u. a.* mit den eignen deutlich zu machen, sind in Tabelle 3 (Anhang) die für jede Altersgruppe nach den jeweiligen Formeln ermittelten PEF-Sollwerte den eignen Sollwerten gegenübergestellt. Wie man sieht, fanden *Read* & *Selby* für Frauen etwas niedrigere Werte. Möglicherweise ist die Mitarbeit der Frauen zu wenig angesprochen worden. Der Durchschnittswert der eigenen PEF-Sollwerte liegt bei Männern um nur 3 Prozent unter dem Mittel der Sollwerte von *Leiner u. a.* (570–589 L/min), bei Frauen unterscheiden sich die Durchschnitte kaum (442–444 L/min). Der mittlere geschlechtsabhängige PEF-Unterschied beträgt nach *Leiner u. a.* 145 L/min, nach den eignen Ergebnissen 128 L/min.

Die eigenen Sollwerte in Tabelle 3 jedoch unterscheiden sich von den oben besprochenen dadurch, dass sie sich nicht auf eine einzige Regressionsgerade stützen, sondern auf Regressionsgeraden für jede Altersgruppe (s. Abb. 2) basieren. Sie dürften daher genauer sein. Ausserdem sind die PEF-werte nach den Sollformeln von *Read* & *Selby* (s. Tabelle 3 Anhang) mit einer wesentlich höheren Streuung behaftet.

Da die Sollwerte der vorliegenden Arbeit nur für einen Altersbereich von 15 bis 89 Jahren gelten, sind die PEF-Sollwerte für Kinder, modifiziert nach *Nairn u. a.* (20), in Abhängigkeit von K-grösse und Geschlecht in Tabelle 3a aufgeführt. Die Normen schwanken innerhalb $\pm$ 2 s = 26,8 Prozent. Nach den Unterlagen von *Nairn u. a.* verhält sich der kindliche max. Exspirationsstrom vom 6. bis zum 14. Lebensjahr geschlechtsunabhängig. Er steigt in diesem Zeitraum von

TABELLE 3a

PEF-Normalwerte für Kinder von 6–14 Jahren.
(Modifiziert nach *Nairn u. a.*).

K-grösse in cm	PEF-Sollwerte in L/min.			
	a) für Jungen		b) für Mädchen	
	Norm	Limit	Norm	Limit
110	139	102	145	106
120	195	142	199	146
130	251	181	252	184
140	307	225	305	223
150	363	266	359	263
160	419	307	412	302
170	475	348	465	340

etwa 200 L/min bis auf 430 L/min an. Der Anstieg entspricht einem Regressionskoef. von + 29. Vom 14. Lebensjahr an tritt ein deutliches, geschlechtsabhängiges Verhalten des PEF auf, das nicht durch den gleichzeitig auftretenden Grössenunterschied von Jungen zu Mädchen erklärt werden kann. Der max. Exspirationsstrom bei Mädchen wächst von diesem Zeitpunkt an kaum merklich. Mit 17,5 Jahren haben Mädchen einen PEF-Durchschnitt von 440 L/min erreicht (der eigene Vergleichswert = 444 L/min). Bei Jungen steigt der max. Exspirationsstrom vom 14. Lebensjahr an stark an und erreicht bei 17,5 Jahren mit 525 L/min den korrespondierenden eigenen Wert. Die Arbeit von *Nairn u. a.* zeigt, dass bei Kindern eine ausgeprägte Abhängigkeit des max. Exspirationsstromes von der K-grösse und vom Alter besteht, und eine Geschlechtsabhängigkeit erst ab 14. Lebensjahr beginnt.

Auch *Heaf* & *Gillam* (8) fanden eine gute Korrelation des kindlichen PEF mit Alter und K-grösse. Sie untersuchten Kinder im Alter von 2,5 bis 14 Jahren. Um die kindlichen PEF-raten von 30 bis 140 L/min messen zu können, verwandten sie ein PEF-Instrument, das durch Einbau einer leichteren Feder modifiziert worden war. *Heaf* & *Gillam* gaben keine

Regressionsgerade zur Berechnung kindlicher Normalwerte an, so dass Tabelle 3a nicht weiter ergänzt werden kann. Ausserdem sind die PEF-werte dieser Autoren im Vergleich zu den korrespondierenden Ergebnissen von *Nairn u. a.* (20) um etwa 50 L/min niedriger. Z. T. dürfte dieser Unterschied dadurch zustandekommen, dass die von *Nairn u. a.* untersuchten Schulkinder durch Belohnungen zu forciertem Exspirieren animiert worden sind.

Bei der Gegenüberstellung der PEF- und Pneumometer-Sollwerte ergab sich folgendes: Die Normen für das Pneumometermodell nach *Roth* (27, 37) aus Arbeiten von *Wyss* & *Hadorn* (37, 38) lagen um 55 L/min i. M. niedriger. Die Pneumometersollwerte von *Zehnder* (39) unterboten sogar die Ergebnisse von *Wyss* & *Hadorn* i. M. bei Männern um 40 L/min, bei Frauen i. M. um 52 L/min, obwohl *Zehnder* in seiner Methode das höchste Ergebnis von 4 bis 6 Versuchen einer jeden Person wertete. Es scheint demnach ein Unterschied zwischen PEF- und Pneumometer- wert zu bestehen.

Die „VK-Zeit" für den max. Exspirationsstrom.

Hildebrant & *Hanke* (12) bestimmten auf andere Weise die individuelle Norm des max. Exspirationsstromes als in der vorliegenden Arbeit und fanden eine geringere Streuung. An 207 Personen, 153 Männern im Alter von 17 bis 76 Jahren und 54 Frauen im Alter von 21 bis 64 Jahren, davon 72 klinisch atemgesunden Versuchspersonen, wurde die VK in einem einfachen Trockenspirometer und der AS (Atemstoss) mittels eines von ihnen konstruierten Pneumometers, das auf dem Prinzip der Staudruckmessung beruhte, ermittelt. Der AS entspricht dem PEF.

Sie berechneten die Korrelation der VK-Werte mit den max. AS-Werten ($r = 0{,}647 \pm 0{,}0408$) und die Quotienten aus den einzelnen VK-Werten und den entsprechenden AS-Werten. Bei Gesunden war der Quotient ziemlich konstant. Ein Einfluss des Geschlechtes und der absoluten Grösse der VK auf den Quotienten war nicht festzustellen. Der Quotient wurde

durch folgende Gleichung: $\frac{\text{VK (L)}}{\text{AS (L/sek.)}} = 0{,}425 \pm 0{,}075$ sek. dargestellt. Damit wurde die individuelle Norm des AS bei Gesunden und Kranken als eine Funktion der absoluten VK-Leistung definiert, so dass der Quotient aus VK und AS stets 0,425 ± 0,075 sek. beträgt. Abweichungen von diesem Verhältnis müssten spezifische Ursachen haben. Die absolute Norm des AS dagegen lasse sich, so fanden die Autoren, vorausberechnen, indem man den individuellen Sollwert der VK, – bestimmt nach den Formeln von *Baldwin u. a.* (1), – durch 0,425 ± 0,075 dividiert. Der Quotient $\frac{\text{VK}}{\text{AS}}$, der 0,425 ± 0,075 sek. beträgt, ist diejenige theoretische Zeit, in der die VK bei gleichbleibend maximalem Exspirationsstrom völlig ausgestossen werden könnte. Sie stellt die auf die VK bezogene minimale Exspirationszeit dar, welche *Hildebrandt* & *Hanke* kurz die „VK-Zeit" des AS nannten. Anders ausgedrückt muss der AS normalerweise so gross sein, dass bei gleichbleibend maximalen Exspirationsstrom die VK in normaler „VK-Zeit", d. h. in 425 ± 75 Millisek., entleert werden könnte.

Wenn die absolute individuelle Norm des AS in Bezug auf den Sollwert der VK durch eine normale „VK-Zeit" von 425 ± 75 Millisek. bestimmbar ist, so müsste sich auch eine normale „VK-Zeit" für den PEF in gleicher Grössenordnung aus den VK-Sollwerten nach *Baldwin u. a.* und den korrespondierenden PEF-Sollwerten der vorliegenden Arbeit berechnen lassen. Die Berechnung der „VK-Zeit" für den PEF unter diesen Bedingungen bedeutet eine Prüfung der vorliegenden PEF-Sollwerte und wurde deshalb durchgeführt. Zunächst wurde geschlechtsgetrennt für 10-Jahresgruppen und bei einer K-grösse von 170 bzw. 180 cm bei Männern und einer solchen von 160 bzw. 170 cm bei Frauen die VK in L berechnet. Aus Tabelle 3 wurden die eigenen korrespondierenden PEF-Sollwerte entnommen und auf L/sek. umgerechnet, die Quotienten gebildet und bei Männern ein Mittelwert für

die „VK-Zeit" des PEF von 0,433 sek., bei Frauen ein solcher von 0,399 sek. ermittelt. Es fällt auf, dass die „VK-Zeit" des PEF bei Frauen 0,034 sek. niedriger ist als die der Männer. Berechnet man das Verhältnis $\frac{\text{VK der Männer}}{\text{VK der Frauen}}$ bei der Altersgruppe 20 bis 29 Jahren, so ist dies 1,29, das Verhältnis $\frac{\text{PEF der Männer}}{\text{PEF der Frauen}}$ dagegen 1,17. Dies bedeutet, dass der Geschlechtsunterschied in der VK-Leistung grösser ist als in der PEF-Leistung. Durch diesen Unterschied kommt die Differenz in den „VK-Zeiten" des PEF von Männern zu Frauen von 0,034 sek. zustande.

Wenn dieser $\frac{\text{VK}}{\text{PEF}}$ Quotient als vorläufiges Ergebnis gilt, dann errechnet sich der PEF-Sollwert in L pro *sek.* durch Division des VK-Sollwertes (in L) durch 0,416 sek. Umgekehrt lässt sich als Faustregel sagen, die individuelle VK in *L* sollte bei Normalen etwa die Hälfte des individuellen PEF in L pro sek. sein.

Änderungen des VK/AS Quotienten wurden von *Hildebrandt* & *Hanke* durch Aufgliederung ihres Untersuchungsgutes nach klinischen Befunden wie folgt beschrieben:

„Atemgesunde und Emphysemkranke halten in allen Bereichen der absoluten VK-Leistung die mittlere Beziehung in hohem Prozentsatz der Fälle ein. Besteht Bronchitis oder ist ein Emphysem mit Bronchitis kombiniert, wird der AS abgeschwächt, und der Quotient steigt über 0,5 sek. Bei spastischen Formen der Bronchitis bis zum ausgeprägten Asthma bronchiale ist die Verschiebung zu höheren Werten noch deutlicher ausgeprägt. Bei Atemfunktionsstörungen mit Atembewegungswiderständen wie bei Thoraxstarre, bei Pleuraschwarten, Pleuraergüssen, narbiger Lungenstarre, Kyphoskoliose schweren Grades ist der Quotient dagegen vermindert. Eine Verminderung des Quotienten zeigt sich grundsätzlich auch bei Lungenstauung".

Da in der Literatur die Sollwertangaben über die VK (vergleiche *Kory u. a.* (14)) erheblich differieren, ist die hier berechnete „PEF-VK-Zeit" = 0,416 sek. mit Vorbehalten zu betrachten. Z. B. dürfte ein Mann, der einen PEF von 700 L/min besitzt nach oben angegebener Faustregel eine VK von etwa 4900 ccm leisten; würde dieselbe Person aber eine grössere VK etwa 5,4 L (d. i. etwas mehr als die Hälfte des individuellen PEF in L/sek.) leisten, müsste diese Person nach den Angaben von *Hildebrandt* & *Hanke* als an Bronchitis erkrankt angesehen werden. Nun werden nach den Erfahrungen von *Herxheimer* (10) jedoch häufig VK-Leistungen von 6 L und gelegentlich auch höhere bis zu 7700 ccm beobachtet. Z. B. berichtet *Herxheimer* von einem 25-jährigen, 184 cm grossen, schlanken Rugbyspieler, der eine VK von 7700 ccm hatte. Nach den Normen von *Baldwin u. a.* (1), die ja als Grundlage für die Berechnung der hier vorgelegten „PEF-VK-Zeit" dienten, dürfte der Rugbyspieler nur eine VK von etwa 4,5 L besitzen. Aus dem Ausgeführten geht hervor: Die VK-Normen nach *Baldwin u. a.* (1) können nicht als ideale Grundlagen angesehen werden, da sie eine hohe Streuung aufweisen und zu niedrig zu sein scheinen. Die „VK-Zeit" für den PEF von 0,416 sek. und die von *Hildebrandt* & *Hanke* ermittelte „VK-Zeit" für den AS von 0,425 sek. sind wahrscheinlich zu klein. – Es wäre wünschenswert und interessant, den VK/PEF Quotienten an Gesunden und Kranken zu untersuchen. Durch die Untersuchungen könnte auch die Frage geklärt werden, ob bei Zugrundelegen der VK für die PEF-Sollwert-bestimmung eine geringere Streuung resultiert als die der PEF-Sollwerte der vorliegenden Arbeit und die von *Hildebrandt* & *Hanke* für den VK/AS-Quotienten angegebene Streuung (17 Prozent) zutreffend ist.

Würde es sich tatsächlich herausstellen, dass der VK/PEF-Quotient eine geringere Streuung aufweist als die hier vorgelegten PEF-Normen, so würden diese nur teilweise ihre praktische Bedeutung einbüssen. Im Einzelfall nämlich, besonders bei Emphysemkranken, müsste geprüft werden, ob die VK oder der PEF annähernd normal sind oder beide in

einem festen, dem normalen entsprechenden Verhältnis abgefallen sind.

Da sich die Richtigkeit der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bei kritischem Vergleich mit den Daten anderer Autoren bestätigt hat, seien die PEF-Sollwerte der Tabelle 3 der Praxis empfohlen. Nähert sich der PEF einer Person der unteren Grenze (Klammerwerte der Tabelle 3) ihres Sollwertes, so bedeutet dies eine Einschränkung der Lungenfunktion und sollte den Untersucher veranlassen, den Ursachen dieser Einschränkung nachzugehen und gegebenenfalls therapeutisch einzugreifen.

Unterschreitet i. M. der PEF-Individualwert den in Tabelle 3 angegebenen Sollwert bei Männern um 30,8 Prozent, bei Frauen um 27,8 Prozent, ist mit Sicherheit anzunehmen, dass ein erhöhter Exspirationswiderstand vorliegt. Eine Differenzierung des erhöhten Exspirationswiderstandes, nach bronchialer, pulmonaler, thorakaler, muskulärer (Myasthenie, Kachexie, Poliomyelitis) oder gemischter Genese ist auf Grund des erniedrigten PEF allein nicht möglich (37). Im allgemeinen jedoch ist ein erniedrigter Exspirationsstrom Ausdruck eines erhöhten Bronchialwiderstandes (*Hadorn* (7), *Hodler* (13)).

Änderungen in der bronchialen Obstruktion bei ein und derselben Person lassen sich nach *Herxheimer* (9) in befriedigender Weise durch serienmässige Beobachtungen mit dem WPFM erfassen; dabei muss allerdings eine normale Tagesschwankung beachtet werden. *Shephard* (28) gibt die Tagesschwankungen an mit 8,8 ± 6,3 Prozent für aufeinanderfolgende Tage, mit 4,5 ± 2,8 Prozent für irgendwelche Tage, *Fairbarin u. a.* (4) mit 6,4 — 7,7 Prozent und *Lockhart u. a.* (16) mit 10 Prozent.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Der max. Exspirationsstrom in L/min., der Peak Expiratory Flow (PEF), wurde bei 560 gesunden Männern und 485 gesunden Frauen von 15–89 Jahren aus der Berliner Be-

völkerung gemessen. Hierbei wurde das höchste Ergebnis von 3–5 Versuchen gewertet. Aus den Ergebnissen wurden Sollwerte für den max. Exspirationsstrom in Abhängigkeit von Alter und K-grösse für einen Altersbereich von 15–89 Jahren aufgestellt.

2. Der PEF weist eine deutliche Abhängigkeit von der K-grösse und vom Alter auf, aber nicht vom K-gewicht.

3. Der PEF-Sollwert in L/min lässt sich annähernd bei einem Alter von 25–89 Jahren aus der Differenez von

750 L/min — dem 4-fachen Alter für Männer,
560 L/min — dem 3-fachen Alter für Frauen,

bei einem Alter von 15–24 Jahren aus der Summe von
350 L/min + dem 10-fachen Alter für männliche und
380 L/min + dem 4-fachen Alter für weibliche Personen
vorherbestimmen.

4. Im Alter von 45 Jahren haben 180 cm grosse Männer einen PEF von 563, gleichaltrige, 170 und 160 cm grosse Männer haben dagegen Exspirationsströme, die 41 bzw. 83 L/min niedriger sind.

5. Im allgemeinen übertrifft der Exspirationsstrom der Männer den der Frauen um 110 L/min.

6. Der Variationskoef. des PEF wird i. M. für Männer mit 15,4 Prozent und für Frauen mit 13,9 Prozent angegeben.

7. Die Berechnung der „VK-Zeit" für den PEF, die diejenige Zeit bedeutet, in der die VK bei gleichbleibend maximalem Exspirationsstrom völlig ausgestossen werden könnte, aus den VK-Sollwerten der Literatur und den vorliegenden PEF-Sollwerten ergab 0,416 sek.

SUMMARY

1. The Peak Expiratory Flow Rate (PEF) was measured in 560 male and 485 female normal members of the Berlin population between 15–89 years. From the maximum value of 3–5 measurements standard values for age and height were calculated.

2. There was a definite correlation between the PEF and age and height, but not between PEF and weight.

3. The standard PEF in l/min. can be approximately calculated

for the age group 25–89 as

750 l/min. minus the fourfold age for men and

560 l/min. minus the threefold age for women

for the age group 15–24 years as

350 l/min. plus the tenfold age for men and

380 l/min. plus the fourfold age for women.

4. At the age of 45 years men of 180 cm height have a PEF of 563 l/min., men of 170 cm 522 l/min., men of 160 cm 480 l/min.

5. On the average the PEF of the men was 110 l/min. more than that of women.

6. The mean percentage of standard deviation was 15.4 for men and 13.9 for women.

7. The "VK-Zeit"—the theoretical time in sec. in which the whole vital capacity would be exhaled if the peak expiratory flow would remain constant—was calculated from standard vital capacity values of the literature and the PEF values of this investigation as 0.416 sec.

LITERATURVERZEICHNIS

1. *Baldwin, E. deF., Cournand, A. & Richards, D. W. jr.:* Medicine *27*, 243, 1948.
2. *Bartels, H., Bücherl, E., Hertz, C. W., Rodewald, G. & Schwab, M.:* Lungenfunktionsprüfungen. Berlin: Springer 1959.
3. *College of General Practitioners:* Brit. med. J. *2*, 973, 1961.
4. *Fairbairn, A. S., Fletcher, C. M., Tinker, C. M. & Wood, C. H.:* Thorax *17*, 168, 1962.
5. *Fletcher, C. M. & Tinker, C. M.:* Brit. med. J. *1*, 1491, 1961.
6. *Flint, F. J., & Khan, M. O.:* Brit. med. J. *2*, 1231, 1962.
7. *Hadorn, W.:* Schweiz. med. Wschr. *72*, 946, 1942; Zs. klin. Med. *140*, 266, 1942.
8. *Heaf, P. J. D. & Gillam, P. M. S.:* Brit. med. J. *1*, 1595, 1962.
9. *Herxheimer, H.:* Acta allergol. *18*, 1, 1963.
10. *Herxheimer, H.:* Persönliche Mitteilung 1965.
11. *Higgins, I. T. T.:* Brit. med. J. *2*, 1198, 1957.

12. *Hildebrandt, G. & Hanke, O.:* Ärztl. Wschr. *11*, 439, 1956.
13. *Hodler, J.:* Über die Beeinflussung des Pneumometerwertes durch verschiedene Widerstände. Med. Diss. Bern, 1950.
14. *Kory, R. C., Callahan, R., Boren, H. G. & Syner, J. C.:* Amer. J. Med. *30*, 243, 1961.
15. *Leiner, G. C., Abramowitz, S., Small, M. J., Stenly, V. B. & Louis, W. A.:* Amer. Rev. Resp. Dis. *88*, 644, 1963.
16. *Lockhart, W., Smith, D. H., Mair, A. & Wilson, W. A.:* Brit. med. J. *1*, 37, 1960.
17. *Magnus, A. & Schöndube, W.:* Zs. exper. Med. *123*, 538, 1954.
18. *McKerrow, C. B., McDermott, M., Gilson, J. C. & Schilling, R. S. F.:* Brit. J. industr. Med. *15*, 75, 1958.
19. *Mork, T.:* Acta med. Scand. Supp. *384*, 84, 1962.
20. *Nairn, J. R., Bennet, A. J., Andrew, J. D. & Macarthur, P.:* Arch. Dis. in Child. *36*, 253, 1961.
21. *Olsen, H. C. & Gilson, J. C.:* Brit. med. J. *1*, 450, 1960.
22. *Otto, E.:* Münch. med. Wschr. *1*, 738, 1937.
23. *Read, J. & Selby, T.:* Brit. med. J. *2*, 1104, 1961.
24. *Ritchie, B.:* Lancet *2*, 271, 1962.
25. *Rosenblatt, G., Alkaly, J., McCann, P. D. & Stein, M.:* Amer. Rec. Resp. Dis. *87*, 589, 1963.
26. *Rossier, P. H., Bühlmann, A. & Wiesinger, K.:* Physiologie und Pathophysiologie der Atmung. Berlin: Springer 1958.
27. *Roth, F.:* Ein neues Pneumometer. Med. Diss. Bern 1950.
28. *Shephard, R. J.:* Thorax *17*, 39, 1962.
29. *Stresemann, E.:* Acta allergol. *18*, 211, 1963.
30. *Stucki, H.:* Die Bedeutung des Aludrintestes in der Diagnose des Asthma bronchiale. Med. Diss. Bern 1950.
31. *Stutz, E.:* Fortschr. Röntgenstr. Röntgenpraxis *72*, 129, 1949/1950.
32. *Tinker, C. M.:* Brit. med. J. *1*, 1365, 1961.
33. *Volhard, F.:* Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 530, 1908;
Verh. Dtsch. Ges. inn. Med. 254, 1929;
Münchener med. Wschr. *1*, 928, 1921.
34. *Wright, B. M.:* Persönliche Mitteilung 1965.
35. *Wright, B. M. & McKerrow, C. B.:* Brit. med. J. *2*, 1041, 1959.
36. *Wright, G., Lloyd, T. C., Hamill, P. & Prindler, R.:* Amer. Rev. Resp. Dis. *86*, 713, 1962.
37. *Wyss, F.:* Helv. med. Acta *17*, 516, 1950.
38. *Wyss, F., & Hadorn, W.:* Fortschr. Allergielehre *3*, 290, 1952.
39. *Zehnder, H. H.:* Untersuchung der Lungenfunktion bei Gesunden. Med. Diss. Bern, 1960.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Professor Dr. H. Herxheimer für die Überlassung der Arbeit und ihm und Herrn Priv. Doz. Dr. E. Stresemann für ihre freundliche Unterstützung.

Herrn Professor Dr. Dr. K. Freudenberg bin ich für seine Hilfe bei der Lösung der statistischen Probleme zu Dank verpflichtet.

Der Firma Airmed Ltd. in Harlow/Essex spreche ich meinen herzlichen Dank aus für die leihweise Überlassung eines Wright Peak Flow Meters.

Schliesslich sei allen herzlich gedankt, die sich freiwillig zur Prüfung ihrer Lungenfunktion zur Verfügung stellten.

LEBENSLAUF

Am. 6. Jan. 1938 wurde ich, Anton Konrad Leonards, in Doveren Krs. Erkelenz (Rhld.) geboren.

Die Reifeprüfung bestand ich am 3. März 1958 am Alten Kurfürstlichen Gymnasium in Bensheim a. d. B. Mein Medizinstudium absolvierte ich vom SS. 1958 bis WS. 1960 an der Universität zu Köln, dann für ein WS. an der Universität zu Tübingen und vom SS. 1961 bis zum WS. 1963 an der Freien Universität Berlin.

Im Februar 1964 bestand ich an der F.U.B. das Ärztliche Staatsexamen.

Von Juni bis Mitte Oktober 1964 war ich Medizinal-Assistent auf der chirurgischen Abteilung des Vinzenz Krankenhauses in Coesfeld (Westf.), von Anfang Dezember 1964 bis Ende Februar 1965 an der Städtischen Kinderklinik in Oldenburg (Oldb.). Seit dem 1. März bilde ich mich fort an der Städtischen Frauenklinik in Solingen-Ohligs.